

008679355

WPI Acc No: 1991-183375/ 199125

Optical wavelength conversion element - in which part of cladding neighbouring core of three-dimensional waveguide is formed on substrate made of organic nonlinear material

Patent Assignee: MATSUSHITA ELEC IND CO LTD (MATU )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No Kind Date Applicat No Kind Date Week

JP 3113428 A 19910514 JP 89252702 A 19890927 199125 B

Priority Applications (No Type Date): JP 89252702 A 19890927

Abstract (Basic): JP 3113428 A

Element has a part of a clad layer neighbouring the core of the three-dimensional optical waveguide formed on the substrate made of an organic nonlinear material.

A ridge type structure is pref. used. Glass is the substrate for the three dimensional optical waveguide, and  $Ti_2O_5$  or  $TiO_2$  is the core. Opt.  $LiNbO_3$  is the substrate for the three dimensional optical waveguide, and proton exchange layer or Ti diffused layer is the core. As the organic nonlinear material, a chalcone deriv., or MNA (2-methyl-4-nitroaniline) is pref. used.

USE/ADVANTAGE - Organic material having big nonlinearity as the clad material of the three dimensional optical waveguide, raises conversion efficiency and the problem of the membrane thickness control of the organic material can be eliminated.

Dwg.0/6

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-113428

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>G 02 F 1/37  
1/35

識別記号

5 0 4  
5 0 5

庁内整理番号

7348-2H  
7348-2H  
7348-2H

④ 公開 平成3年(1991)5月14日

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全5頁)

⑥ 発明の名称 光波長変換素子およびその製造方法

⑦ 特 願 平1-252702

⑧ 出 願 平1(1989)9月27日

⑨ 発 明 者	竹 重	邦 彦	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑩ 発 明 者	伴	雄 三 郎	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑪ 発 明 者	山 本	和 久	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑫ 発 明 者	谷 内	哲 夫	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑬ 出 願 人	松下電器産業株式会社		大阪府門真市大字門真1006番地	
⑭ 代 理 人	弁理士 栗野 重孝		外1名	

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光波長変換素子およびその製造方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 基板上に形成された3次元光導波路のコアに隣接するクラッド層の一部に有機非線形材料を有することを特徴とする光波長変換素子。

(2) 3次元光導波路としてリッジ型の構造を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光波長変換素子。

(3) 3次元光導波路の基板としてガラスをコアとしてTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>あるいはTiO<sub>2</sub>を用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光波長変換素子。

(4) 3次元光導波路の基板としてLiNbO<sub>3</sub>をコアとしてプロトン交換層あるいはTi拡散層を用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光波長変換素子。

(5) 有機非線形材料としてカルコン誘導体あるいはMNA(2-メチル-4-ニトロアニリ

ン)を用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光波長変換素子。

(6) 第1の基板上に前記第1の基板よりも高い屈折率を有する物質を薄膜状に作製する工程と、前記薄膜に2本の溝をエッチングにより作製する工程と、3次元光導波路の光導波路面が内側になるように第2の基板と重ね合わせ、前記3次元光導波路と前記第2の基板との間の空隙内に融解した有機非線形材料を毛細管現象により滴たす工程と、帯域溶融法により前記有機非線形材料を再結晶化する工程を有することを特徴とする光波長変換素子の製造方法。

(7) 薄膜を作製する方法として、スパッタリングあるいは基板のプロトン交換、またはTi拡散を用いることを特徴とする特許請求の範囲第5項記載の光波長変換素子の製造方法。

(8) 2本の溝の作製法がドライエッチングあるいはウェットエッチングであることを特徴とする特許請求の範囲第5項記載の光波長変換素子の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 産業上の利用分野

本発明は、コヒーレント光を利用する光情報処理分野あるいは光応用計測制御分野に使用する光波長変換素子、およびその製造方法に関するものである。

#### 従来の技術

有機非線形材料は無機材料にくらべ非線形定数が大きいが、応答が遅いといった特徴をもつが、一般的に単結晶を得ることが難しい。したがって有機非線形材料を導波路へ応用した例はまだあまり多くないが、例えば電子情報通信学会論文誌 Vol. J70-C No. 2 (1987), p. 224 に示されている。第3図はこの従来の光波長変換素子の構成を示すものである。7は基板、8は傾斜つきMNA導波路、9はプリズムであり、基本波である入力光P<sub>1</sub>をプリズム9を介して導波路8に入射して波長変換された出力光P<sub>2</sub>が出射される。この素子の作製方法は、第4図に示すようにまず2枚の基板10a, 10bをはりあわせる。このとき、これらの間の空隙が傾

斜を持つように空隙の片側にポリカーボネート薄膜11をはさむ。この基板の下部を粉末MNA (2-メチル-4-ニトロアニリン) 12 中に入れ130℃まで加熱し、MNAを融解させる。融解したMNAは毛細管現象によって空隙内に吸い上げられる。このようにして空隙内に満たされたMNAを帯域溶融法で再結晶化し、単結晶薄膜を得る。その後この基板をはがし、光導波路8として用いる。

この傾斜付きMNA単結晶薄膜を導波路に用いてNd: YAGレーザ光 (波長1.064μm) を基本波入力光P<sub>1</sub>としてMNA導波路8に結合させ、基本波入力パワー10ワットで変換効率0.3%の第二高調波出力光P<sub>2</sub>を観測している。前記の例は、基本波の導波モードから高調波の導波モードへの変換であるが、第5図に示すように、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>薄膜導波路14上にクラッドとなるMNA 15を形成して基本波の入力光P<sub>1</sub>の導波モードから高調波の出力光P<sub>2</sub>の放射モードに変換する方法もある。13はSiO<sub>2</sub>基板、16はLiNbO<sub>3</sub>基板である。(特願昭62-331973号)

#### 発明が解決しようとする課題

有機非線形材料の大きな非線形性を利用することで、変換効率の高い非線形光学素子の実現が期待されているが、最初の例 (第3図) のような構成では有機非線形材料の結晶が光導波路も兼ねる構造であるため、良質な結晶が得にくい現状では基本波、高調波の伝搬損失により、高調波への変換効率が低くなってしまう。また導波モード間で光の波長変換を行う場合、コアの膜厚の許容誤差はたいへん小さいにもかかわらず、この例の方法ではコアとなる有機非線形材料の膜厚を精度よく制御することは困難である。さらにこのようなスラブ型光導波路の構造では光強度密度が低いことから変換効率の点で不利である。第2の例 (第5図) では、有機非線形材料を光導波路のクラッドとして用いるため伝搬損失への影響や膜厚の許容誤差の制限をある程度免れる。また光導波路のコアの部分を縦横両方向とも閉じ込められる矩形とし、3次元光導波路構造にすることも可能であり、光強度密度を高め、変換効率を向上させるこ

とができるが、このとき波長変換のための非線形現象の生じる領域は、コアと有機非線形材料の隣接する領域であるから矩形のコアの一边にわたる部分のみである。したがってこの領域をさらに拡大することでより変換効率を高めることが可能となる。

また放射モードへ光を変換する場合、その出射パターン17は円弧状に広がる第6図に示すような変速的な形をしているため、変換された光を集光等を行った後利用するのは困難である。本発明は光導波路を基本とし、その構成材料として非線形性の大きい有機材料を用い、光波長変換素子の構造および製造方法に新たな工夫を加えることで、変換効率を向上させることが可能となるものである。

#### 課題を解決するための手段

本発明は3次元光導波路の矩形のコアの三方にクラッドとして有機非線形材料を用いることで、高光強度密度が維持され、変換効率が向上し、さらにクラッドで発生した高調波がコア内を伝搬す

ることから、集光等が比較的容易な出射光を取りだせる波長変換素子が得られる。また本発明の製造方法によればこのような素子を実現することが可能となる。すなわち本発明は、基板上に形成された3次元光導波路のコアに隣接するクラッド層の一部に有機非線形材料を有することを特徴とする光波長変換素子と、第1の基板上に3次元光導波路を作製し、第2の基板と重ね合わせ、その空隙内に有機非線形材料の結晶を成長させることで前述の光波長変換素子を作製する製造方法に提供するものである。

#### 作用

前記の構成の光導波路は基本的には3次元光導波路であるから光は横方向にも閉じ込められており、光強度密度は向上する。また有機非線形材料をクラッド部に用いることで、膜厚をきびしく制御する必要もなくなる。したがって素子の変換効率を向上させることができる。さらに基本波の導波モードから高調波の導波モードへの変換を利用することで、集光特性のよい出射光を得ることが可

能となる。また本発明の製造方法によれば、矩形の光導波路のコアの三方に有機非線形材料を用いるため変換効率の向上が図れ、また光導波路部分の両端をストライプ状にエッチングするだけで他の部分を残すことから、基板をはさみあわせたときに生じる応力や、光導波路のコア部分に対する機械的損傷の影響を最小限にとどめることが可能である。

#### 実施例

本発明の光波長変換素子についてその一実施例の構成斜視図を第1図に示す。本発明は、2枚の基板と、高屈折率薄膜層、有機非線形材料、ならびに3次元光導波路を形成するための2本の溝3a, 3bよりなる構成を有し、3次元光導波路に基本波 $P_1$ を入射すると、クラッド部の非線形性により出射端から高調波 $P_2$ が発生するというものである。本実施例では第1の基板および第2の基板としてソーダガラス基板1および6を、高屈折率薄膜層として $Ta_2O_5$ 薄膜2を、有機非線形材料としてカルコン誘導体5を用いている。本発明の光波長

変換素子の製造方法の実施例の工程斜視図を第2図に示す。この実施例ではソーダガラス基板(10×10×1mm)上の $Ta_2O_5$ を光導波路のコアとし有機非線形材料としてカルコン誘導体を用いた場合について説明する。第2図(a)で1はソーダガラス基板であり、この上に $Ta_2O_5$ 2を0.4 $\mu m$ スパッタリングにより堆積する。この基板に幅0.5 $\mu m$ 、深さ0.5 $\mu m$ の2本の溝3a, 3bを間隔0.5 $\mu m$ でドライエッチングにより作製する。この工程により溝3a, 3bの間の領域4は3次元光導波路となる。この基板の光導波路のある面に他のソーダガラス基板6を重ね合わせ基板間のギャップに160℃で融解させたカルコン誘導体5を毛細管現象を用いて満たし、冷却後帯域熔融法で再結晶化し、単結晶とする。なお本実施例では基板としてソーダガラスを用いたがこれと同程度の屈折率を有する一般的なガラス基板を用いても何ら問題ないし、 $LiNbO_3$ を用いることも可能である。また $Ta_2O_5$ のかわりに $TiO_2$ を用いてもよいし、基板に $LiNbO_3$ を用いたときは $Ta_2O_5$ 薄膜のかわりにプロトン交換やTi拡散によっ

て薄膜を形成してもよい。また2本の溝を作製するのにこの実施例ではドライエッチングを用いたが表面を滑らかにエッチングすることのできるウェットエッチングを用いてもよい。さらに、カルコン誘導体のかわりに非線形性の大きいMNA(2-メチル-4-ニトロアニリン)を用いても有効である。第1図に示された素子は非線形光学効果の大きい有機材料を用い、3次元光導波路化することで基本波を横方向にも閉じ込めて変換効率を高め、また有機材料をクラッドとして用いるため有機材料に対するきびしい膜厚制御も不要となり作製も容易となる。また光導波路のコアの両端のみをエッチングし、他の部分を残しておくことでコアに対する機械的損傷や有機非線形材料を再結晶させる際の応力の歪による結晶の不均一性や欠損などを軽減することができる。また第5図の例のように高調波を放射モードとして取り出した場合にはその出射パターンは変則的な円弧上となり上部と下部で光の広がり角が異なるといった理由から、平行光化が難しい。集光特性が悪いとい

った問題点があったが 本発明の素子によれば出射光は導波モードに変換された高調波が出射端面で発散されるためこれらの問題点は解決される。この素子に入力として波長 $1.064\mu\text{m}$ のYAGレーザの光を基本波 $P_1$ として端面から光を入射させると、出射側の端面から波長 $0.532\mu\text{m}$ の高調波 $P_2$ を得ることができる。このときの効率は従来のスラブ型で有機非線形材料をコアに使った光導波路の場合の50倍である。また第5図の例と比較した場合にも、約10倍の効率改善がみられ、さらに前述したように集光特性も改善される。

#### 発明の効果

以上説明したように本発明によれば、大きな非線形性を持つ有機材料を3次元導波路のクラッドに用いることで、変換効率を高めまた有機材料の膜厚制御といった困難も解消される。また、高調波を光導波路のコアからとりだすことができるため集光特性なども改善される。さらに本発明の製造方法によれば、光導波路に対する機械的損傷や基板をはさみあわせた時に生じる応力のため結晶

化のときの不均一性や欠損を軽減することも可能である。そのうえ、透過波長域がより短波長側にある有機非線形材料を用いれば、半導体レーザとの組合せによってさらに短波長のコヒーレント光を高効率で発振するデバイスも可能となり、その実用的効果は大きい。

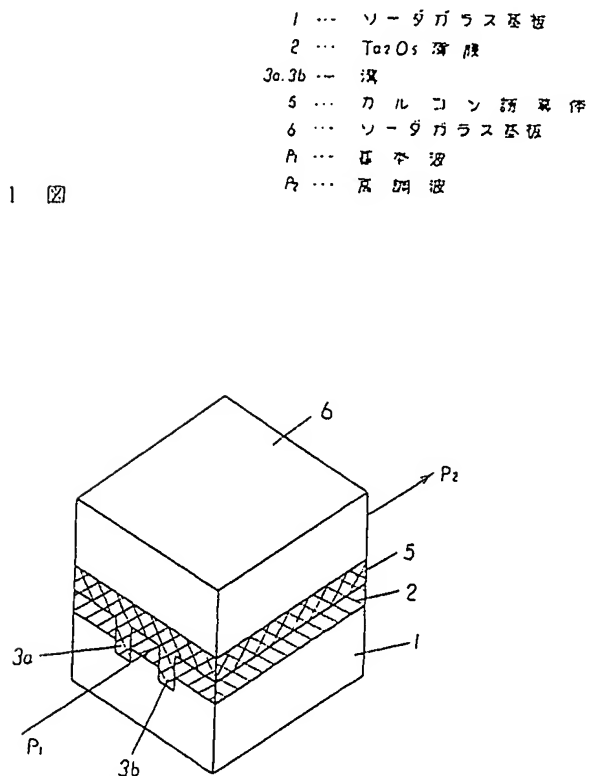
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の光波長変換素子の構成斜視図、第2図は本発明の一実施例の光波長変換素子の製造方法の工程図、第3図、第5図は有機非線形材料を用いた従来の光波長変換素子の斜視図、第4図は第3図で用いられた光波長変換素子の作製方法の概略図、第6図は第5図の素子より出射された高調波のパターンの概略図である。

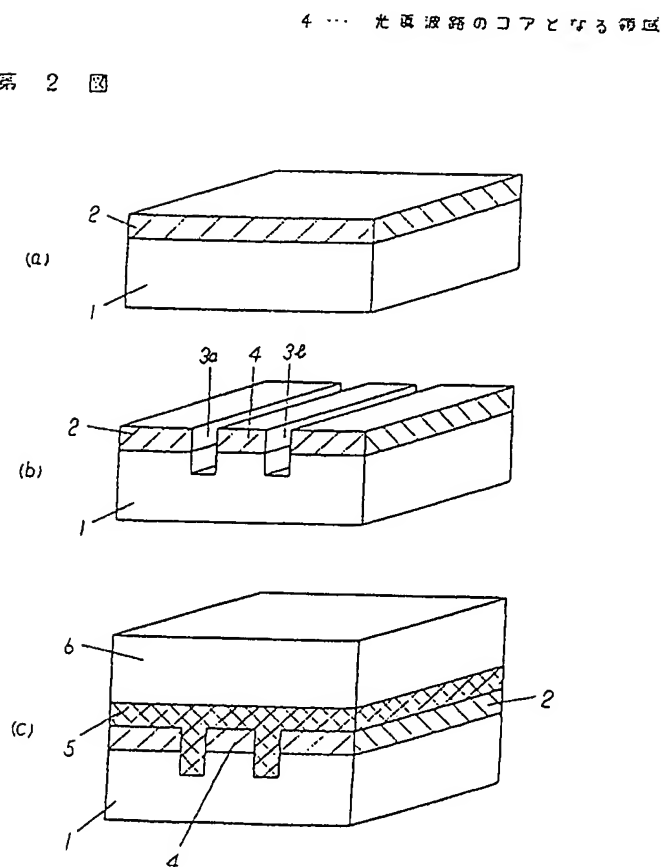
1……ソーダガラス基板 2…… $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 薄膜 3 a, 3 b……溝 4……光導波路のコアとなる領域 5……カルコン誘導体 6……ソーダガラス基板

代理人の氏名 弁理士 栗野重孝 ほか1名

第 1 図

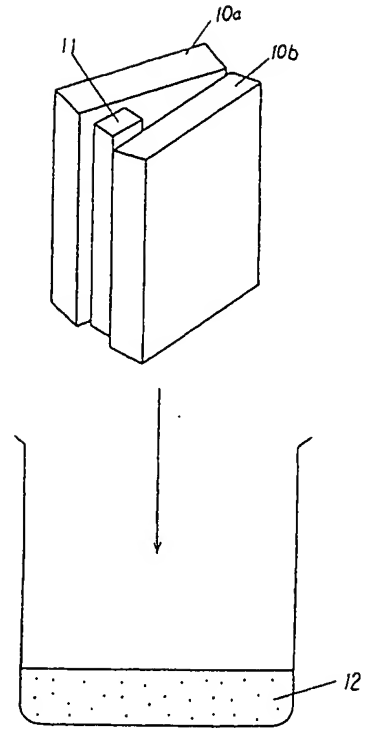


第 2 図



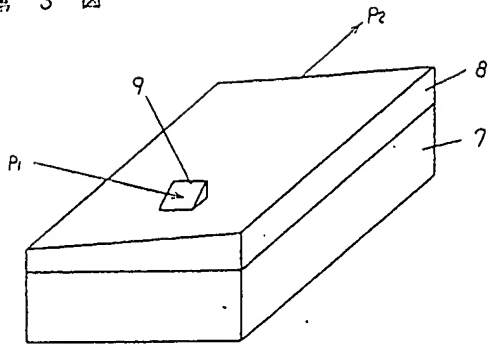
10a, 10b ... 基板  
11 ... ポリカーボネート薄膜  
12 ... MNA

第 4 図



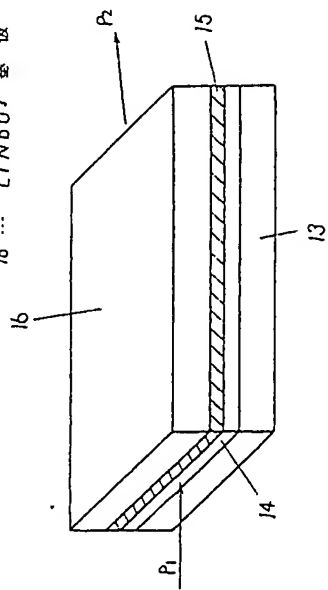
7 ... 基板  
8 ... 傾斜つき MNA 膜層  
9 ... プリズム

第 3 図



13 ... SiO<sub>2</sub> 基板  
14 ... Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 光導波路  
15 ... MNA  
16 ... LiNbO<sub>3</sub> 基板

第 5 図



第 6 図

